



IL RUMORE DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE DELLE CENTRALI TELEFONICHE

F. Cotana (1), F. Rossi (1), L. Santarpia (2)

1) Istituto di Energetica, Facoltà di Ingegneria, Università di Perugia

2) Dipartimento di Fisica Tecnica, Facoltà di Ingegneria, Università di Roma "La Sapienza"

Sommario

L'introduzione dei nuovi apparati digitali nelle centrali telefoniche ha comportato l'installazione di impianti di climatizzazione di notevole potenzialità che sono causa di rumore soprattutto in estate. La temperatura dei locali che ospitano le apparecchiature elettroniche deve essere mantenuta costantemente al di sotto di 20 °C.

Il Laboratorio di Acustica dell'Università di Perugia ha svolto un'indagine sperimentale in circa 90 centrali telefoniche; le misure fonometriche effettuate in base alle modalità e tempi riportate nel D.P.C.M. 1/3/91 hanno consentito di caratterizzare il rumore prodotto da ogni centrale e la conseguente modificazione del "clima acustico" del territorio circostante. Sono state elaborate analisi statistiche per la stima dell'impatto acustico di una centrale telefonica in fase di progetto a partire dalla potenza elettrica installata.

1. Introduzione

Le centrali telefoniche di tipo elettromeccanico sono progressivamente sostituite da centrali elettroniche, le quali, ad oggi costituiscono il 70% del totale.

La Telecom Italia (allora SIP) ha disposto l'esecuzione di una vasta campagna di misure e verifiche, i cui risultati sono riportati nella presente nota. L'elevato numero di misure ha consentito altresì delle considerazioni di carattere statistico e la costruzione di un metodo generale per lo studio di situazioni simili.

2. Misure di rumore

Sono state condotte tre tipi di misure di rumore:

- a) in ambiente esterno, secondo le indicazioni del D.P.C.M. 1.3.91, in particolare sono state effettuate misure in ambiente esterno ad un metro dal confine della centrali telefoniche scegliendo punti in direzione di eventuali abitazioni; registrando sia il rumore ambientale che il rumore residuo [2];
- b) in ambiente interno, secondo le indicazioni del D.P.C.M. 1.3.91, all'interno di abitazioni limitrofe particolarmente disturbate, a finestre aperte e chiuse applicando, ove previsto dal D.P.C.M., il criterio differenziale [2].
- c) sulle sorgenti specifiche rilevando spettro e potenza acustica delle sorgenti di rumore secondo le metodologie indicate dalla ISO 3744 [3].

3. Elaborazioni statistiche

3.1 Ipotesi di lavoro

Le misure di rumore in ambiente esterno secondo il DPCM 1 marzo 1991 sono costituite da due serie di rilievi fonometrici relativi rispettivamente al tempo di riferimento diurno e a quello notturno; ogni serie è costituita a sua volta da più misure effettuate in punti lungo il confine della centrale; ogni centrale è caratterizzata da diversa potenza degli impianti di condizionamento e ventilazione, da diversa ubicazione dell'edificio che ospita tali impianti e da diversa superficie occupata; risulta pertanto difficile confrontare ed elaborare dati non omogenei.

Per caratterizzare le emissioni acustiche di una centrale telefonica ai fini di un'analisi statistica si è ritenuto indispensabile introdurre alcune ipotesi semplificative:

- le sole cause delle emissioni acustiche di una centrale sono l'impianto di raffrescamento e quello di ventilazione [4],[5];
- si considera che la sorgente di rumore è costituita dal corpo del fabbricato della centrale caratterizzato da un diagramma di radiazione omnidirezionale avente potenza sonora "Pa" pari a quella della direzione preferenziale.
- La grandezza che caratterizza la centrale è costituita dalla potenza elettrica degli impianti di cui al punto a).

Viene rilevato il livello equivalente di rumore nella direzione di massima emissione ad 1 metro dal confine di proprietà della centrale, a distanza "d" dalla sorgente:

$$L_{eq}(A) = 10 \cdot \log_{10} \frac{1}{T} \cdot \int_0^T \frac{P_{eff}^2(t)}{P_0^2} dt \quad (1)$$

Ad ogni centrale, caratterizzata dalla potenza elettrica degli impianti P, viene associato un livello di potenza sonora "L_P":

$$L_p = 11 + L_{eq} + 10 \cdot \log d^2 \quad (2)$$

3.2 Discussione delle ipotesi

- E' ben verificata in quanto tutte le altre sorgenti possono considerarsi mascherate;
- E' un'ipotesi di tipo cautelativo; associando infatti a tutte le direzioni la potenza relativa alla direzione preferenziale si stabilisce un limite massimo della potenza sonora globalmente emessa dalla sorgente [6].
- La relazione (2) viene ricavata ipotizzando la propagazione sferica del rumore; tale circostanza non è quasi mai verificata a causa della presenza del terreno; la (2) viene comunque utilizzata in quanto produce valori della potenza "Pa" che costituiscono un limite superiore del valore reale. Inoltre, la (2) è valida nei casi in cui il ricevitore non è posto alla stessa quota della sorgente (piani alti delle abitazioni).

3.3 Rappresentazione dei risultati delle misure

In tabella 1 sono riportati, relativamente al tempo di riferimento diurno e notturno i seguenti dati:

- i valori dei livelli di rumore prodotto dalle centrali ricavati in base alla (1);
- le distanze fra le sorgenti di rumore ed i punti di misura;
- le potenze elettriche assorbite dagli impianti di raffrescamento e ventilazione.

A partire dai dati riportati in tabella 1, sono stati elaborati i grafici di fig.1 e fig.2 relativi al tempo di riferimento diurno e notturno; tali grafici rappresentano l'andamento del livello di potenza sonora ponderata "A" ottenuto tramite la (2), in funzione della potenza elettrica installata in ogni centrale.

Nelle figg. 1 e 2 viene inoltre rappresentata la retta di regressione fra il dato di potenza elettrica e quello di livello di potenza sonora; per le misure diurne tale retta ha la seguente espressione:

$$L_p = 9.5 \log(p) + 61.2 \quad (3)$$

per le misure notturne:

$$L_p = 10 \log(p) + 55 \quad (4)$$

dove:

L_p = livello di potenza sonora (dBA);

p = potenza elettrica installata per gli impianti di condizionamento e ventilazione (KW).

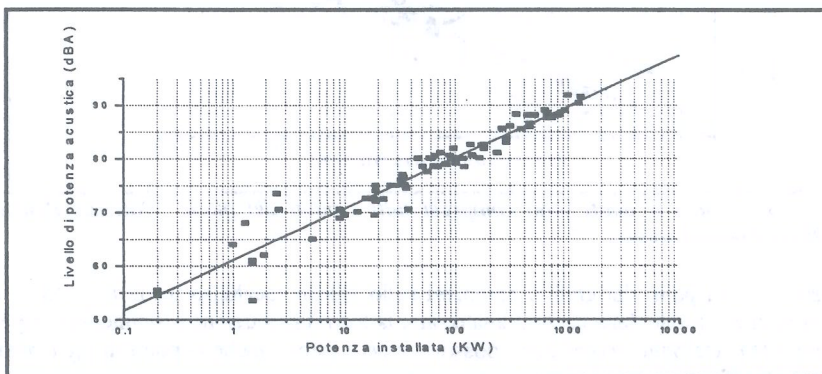


Fig.1: Livello di potenza sonora al variare della potenza elettrica installata: tempo di riferimento diurno

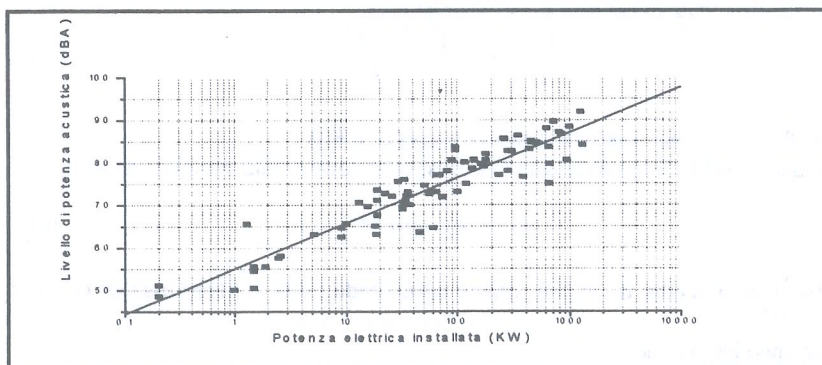


Fig.2: Livello di potenza sonora al variare della potenza elettrica installata: tempo di riferimento notturno

4. Modello statistico

Dalle figg. 1 e 2 e dalle relazioni (3) e (4) si può notare che la dipendenza fra potenza elettrica e livello di potenza sonora nel tempo di riferimento diurno è meno forte che nel

tempo di riferimento notturno: il coefficiente angolare della retta (3) è inferiore a quello della retta (4). Nella fig.3 vengono riportati tutti i punti di fig.2 e parallelamente alla retta (4) vengono costruite altre due rette aventi equazioni:

$$L_p = 10 \log(p) + 45 \quad (5)$$

$$L_p = 10 \log(p) + 65 \quad (6)$$

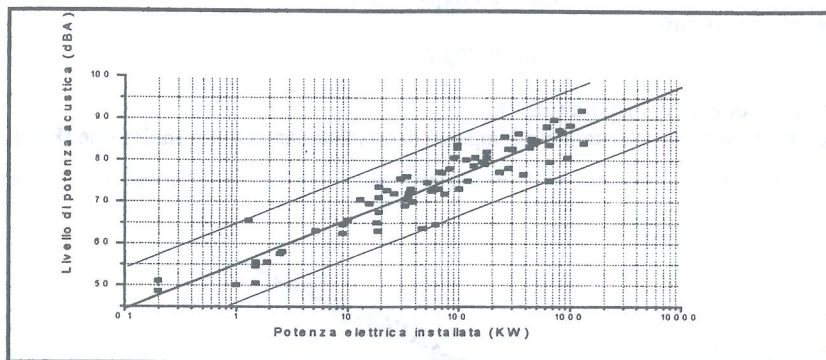


Fig.3: Rette entro le quali sono compresi tutti i punti del piano "Potenza elettrica-Livello di Potenza sonora.

Si osservi che i punti del grafico compresi nello spazio racchiuso fra le rette (5) e (6) costituiscono il totale delle centrali analizzate; la loro distribuzione è simmetrica rispetto alla retta (4); analoghe osservazioni possono essere estese anche ai punti di fig.1 relativi al tempo di riferimento diurno.

In base agli andamenti riportati in fig.3 è possibile introdurre un nuovo parametro, il coefficiente di conversione "η" che rappresenta la frazione della potenza elettrica installata convertita in potenza acustica pesata A:

$$\eta = \frac{W_{acustica}}{W_{elettrica}} = \frac{10^{-12} \cdot 10^{(L_p/10)}}{P} \quad (7)$$

dove "P" è la potenza elettrica installata espressa in KW.

Sostituendo nella (7) le espressioni (5),(6) si ottengono i limiti di variabilità di η:

$$10^{-7.5} < \eta < 10^{-5.5} \quad (8)$$

Inoltre il valor medio di "η_m" si ottiene sostituendo nella (7) l'espressione (4), per cui η_m = 10^{-6.5}

Assumendo inoltre che:

- "η" è distribuito secondo una gaussiana attorno al valor medio:

- "η" è compreso entro i limiti fissati dalla (8) nel 90% dei casi e per ogni generica popolazione di centrali;

La distribuzione di "η" risulta pertanto:

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{2\pi \cdot 2.7 \cdot 10^{-12}}} \cdot \exp \left[\frac{(\eta - 10^{-6.5})^2}{2 \cdot 2.7 \cdot 10^{-12}} \right] \quad (9)$$

5. Risultati

La conoscenza del valor medio del fattore di conversione " η_m " consente di stimare, in base alla (7), il livello di potenza acustica di una centrale telefonica a partire dalla potenza elettrica installata: il livello equivalente di rumore ponderato "A" a distanza "D" dal fabbricato della centrale può essere stimato, a sua volta, in base alla seguente relazione:

$$L_{eq,D} = 10 \cdot \log \left(\frac{\eta_m P}{W_0} \right) - 11 - 10 \cdot \log D^2 \quad (10)$$

La valutazione dei limiti di variabilità di " η " permette inoltre di individuare due valori del livello di pressione sonora entro i quali è compreso, nel 90% dei casi, il livello equivalente di rumore prodotto dalla centrale:

$$10 \cdot \log \left(\frac{10^{-7.5} P}{W_0} \right) - 11 - 10 \cdot \log D^2 < L_{eq,D} < 10 \cdot \log \left(\frac{10^{-5.5} P}{W_0} \right) - 11 - 10 \cdot \log D^2 \quad (11)$$

6. Ringraziamenti

Gli autori ringraziano la Telecom Italia proprietaria delle centrali telefoniche e la Iacorossi S.p.A. gestore degli impianti, per la disponibilità ed il materiale messo a disposizione.

7. Simbologia

L_{eq} = Livello equivalente di rumore (dBA);

d = distanza di misura [m];

T = tempo di misura [s]

L_p = livello di potenza sonora [dBA];

P = potenza elettrica assorbita dagli impianti di raffrescamento e ventilazione di una centrale telefonica [kW];

η = coefficiente di conversione da potenza elettrica installata a potenza sonora;

η_m = valor medio del coefficiente di conversione;

D = distanza di stima [m];

$L_{eq,D}$ = Livello equivalente di rumore stimato a distanza d (dBA);

Bibliografia

1. F. Cotana, G. Moncada Lo Giudice, F. Rossi: "Dissipazione del calore in un amplificatore di potenza VHF". 48° Congresso ATI, Taormina, settembre 1993.
2. Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 1 marzo 1991. "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno", G.U. della Repubblica Italiana, Serie Generale n.57, 08.03.1991.
3. ISO3744 International Standard Organization....
4. M. Coppi, F. Cotana, A. Presutti: "Un criterio per la valutazione dell'inquinamento acustico dovuto al traffico stradale". Rivista Italiana di Acustica, vol. XV, n.3, settembre 1991.

5. F. Cotana, F. Asdrubali: "Caratterizzazione delle emissioni acustiche di trasformatori di energia elettrica di elevata potenza" 20° Congresso Nazionale AIA, Roma 15-18 Aprile 1992.

6. F. Cotana, F. Rossi, L. Santarpia: "Il Rumore nelle Gallerie della Metropolitana: Modelli di previsione, verifica sperimentale"; Convegno Nazionale dBA, Modena, ottobre 1994.

7. A. Papoulis: "Probability and Stochastic Process"; Mc Graw Hill, New York 1991.

Tab. I: Livello equivalente diurno e notturno, distanze di misura e potenza elettrica installata nelle centrali.

N°	Potenza elettrica [KW]	Distanza [m]	DIURNO [dBA]		NOTTURNO [dBA]	
			Leq	Lp	Leq	Lp
1	0.2	1	44.5	55.5	37.5	48.5
2	0.2	1.5	40	54.5	36.5	51.0
3	1	1	53	64	39	50
4	1.3	1	57	68	54.5	65.5
5	1.5	1	42.5	53.5	39.5	50.5
6	1.5	1.5	46	60.5	40	54.5
7	1.5	1.5	46.5	61.0	41	55.5
8	1.9	1	51	62	44.5	55.5
9	2.5	1	62.5	73.5	46.5	57.5
10	2.6	1	59.5	70.5	47	58
11	5.2	2	48	65.0	46	63.0
12	9	3.5	47	68.8	40.5	62.3
13	9	1.5	56	70.5	50	64.5
14	10	2	52.5	69.5	48.5	65.5
15	13	4	47	70.0	47.5	70.5
16	15.5	2	55.5	72.5	52.5	69.5
17	18.1	1.5	58	72.5	41.5	65
18	18.6	2.5	50.5	69.4	40.5	63
19	18.9	1.5	57.5	72.0	56.5	71.0
20	18.9	2.5	55	73.	54.5	73.4
21	18.9	1	64	75	56.5	67.5
22	22.4	3	51.9	72.4	52.1	72.6
23	25.8	2	58	75.0	55	72.0
24	29.2	1	64	75	64.5	75.5
25	32.3	1.5	61.5	76.0	54.5	69.0
26	33.3	2	59.5	76.5	53.5	70.5
27	33.5	2.5	58	76.9	57	75.9
28	34.4	4	53.5	76.5	48	71.0
29	35	4	52	75.0	49	72.0
30	36.1	5	49.5	74.4	48	72.97
31	37.8	1	59.5	70.5	59	70
32	46	1.5	65.5	80.0	49	63.5
33	51	2	61.5	78.5	57.5	74.5
34	56.2	6	51	77.5	46	72.56
35	58.9	1	69	80	62	73
36	60.7	2	63	80.0	47.5	64.5
37	64	4	55.5	78.5	50	73.0
38	65.5	3	60	80.5	56.5	77.0
39	69.9	5	53.5	78.4	52	76.9
40	73.9	2	64	81.0	54.8	71.8
41	82	7	51	78.9	50	77.9
42	90	3	60	80.5	60	80.5
43	96.7	3	59.5	80.0	63	83.5
44	96.7	7	54	81.9	55	82.9
45	100.5	3	58.5	79.0	52.5	73.0
46	116.1	5	55	79.9	55	79.9
47	120.4	14	44.5	78.4	41	74.9
48	136.4	9	52.5	82.5	48.5	78.5
49	140	9	50.5	80.5	50.5	80.5
50	162.5	9	50	80.0	49.5	79.5
51	172	10	51.5	82.5	48	79
52	178.3	3.5	60	81.8	60	81.8
53	179	3	62	82.5	60	80.5
54	232.2	4	58	81.0	54	77.0
55	258	6	59	85.5	59	85.5
56	279.1	10	52	83	47	78
57	279.4	17	48	83.6	47	82.6
58	302.3	8	57	86.0	53.5	82.5
59	343.9	13	55	88.2	53	86.2
60	383	3	65	85.5	56	76.5
61	434.1	8	59	88.0	54	83.0
62	451	5	61	85.9	60	84.9
63	452	6	60	86.5	58	84.5
64	501	3	67.5	88.0	64	84.5
65	614	2	72	89.0	71	88.0
66	641	4	64.5	87.5	60.5	83.5
67	643.6	10	57.5	88.5	44	75
68	653.5	16	53	88.1	44.5	79.5
69	713.7	9	57.5	87.5	59.5	89.5
70	800	9	58	88.1	57	87.1
71	830.1	18	52	88.1	50.5	86.6
72	931.2	20	52	89	43.5	80
73	995	22	54	91.8	50.5	88.3
74	1250	7	62.5	90.4	64	91.90
75	1305	10	60.5	91.5	53	84